


Planar antenna

Patent Number: ☐ DE4313397
Publication date: 1994-11-10
Inventor(s): KACZMAREK THOMAS (DE); HAFFA STEFFEN DR (DE); LANGE WERNER DR (DE)
Applicant(s): HIRSCHMANN RICHARD GMBH CO (DE)
Requested Patent: ☐ FR2704359
Application Number: DE19934313397 19930423
Priority Number(s): DE19934313397 19930423
IPC Classification: H01Q21/24; H01Q21/08; H01Q3/26; H01Q19/06; H01P3/08
EC Classification: H01Q5/00C, H01Q21/24
Equivalents:

Abstract

In the case of a planar antenna having radiating elements, which in each receive and transmit two different oscillation modes of reception signals and transmission signals independently of one another, the capability is provided, without any major additional cost and with the same aperture, for extended reception and extended transmission of the electromagnetic waves, in that the radiating elements (21, 22, 23, 24 and 29, 30, 31, 32, respectively) are multi-band radiating elements. The radiating elements are preferably networked in the form of a square and to form an antenna array. The radiating elements are in this case preferably interleaved in one another. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.04.94.

30 Priorité : 23.04.93 DE 4313397.

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 28.10.94 Bulletin 94/43.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : RICHARD HIRSCHMANN GMBH &
CO. Société de droit allemand — DE.

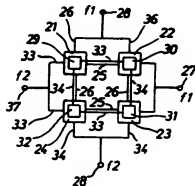
72 Inventeur(s) : Kaczmarek Thomas, Dr. Lange Werner
et Dr. Haffa Steffen.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Cabinet Pierre Loyer.

54 Antenne plane.

57 Dans une antenne plane, équipée d'éléments rayonnants, recevant, ou émettant chacun sur deux modes oscillatoires différents de signaux de réception, ou de signaux d'émission, indépendamment les uns des autres on obtient, pratiquement sans dépense supplémentaire, en conservant une même ouverture, la possibilité d'élargir la réception, ou d'élargir l'émission d'ondes électromagnétiques, par le fait que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ou 29, 30, 31, 32) sont des éléments rayonnants multibandes. Les éléments rayonnants sont de préférence installés en réseau en carré et en constituant un réseau d'antennes. Les éléments rayonnants sont alors de préférence imbriqués les uns dans les autres.



Antenne plane.

L'invention concerne une antenne plane, équipée d'éléments rayonnants, recevant ou émettant chacun sur deux modes oscillatoires différents de signaux de réception ou de signaux d'émission, indépendamment les uns des autres.

Une antenne plane de ce type est connue par la DP-A-22 42 316. Des éléments rayonnants carrés sont disposés dans un plan. Un type d'onde, comme un type d'onde horizontal, est capté avec cette antenne sur les côtés parallèles correspondants et est groupé dans une ligne de sortie. Sur les côtés perpendiculaires à ces premiers côtés, l'onde ayant été polarisée orthogonalement par rapport à la première direction, donc l'onde polarisée verticalement, est captée et groupée dans une ligne de sortie séparée. Du fait de la transmission simultanée d'ondes électromagnétiques à polarisation orthogonale il est de ce fait possible d'exploiter plusieurs fois une bande de fréquence (fréquence reuse) et de la recevoir avec une antenne unique.

On connaît en outre des systèmes alimentateurs pour lesquels la séparation entre les différentes ondes électromagnétiques polarisées s'effectuent au moyen d'aiguillages de polarisation et/ou de convertisseurs à faible niveau de bruit, pour des antennes à réflecteur ou des antennes planes.

En partant d'une antenne plane, citée au début, le but de la présente invention est de perfectionner celle-ci de façon que l'antenne puisse être utilisée pour la réception, ou pour l'émission d'une grande plage de fréquences différentes, la structure de l'antenne devant être simple.

Le problème posé est résolu, selon l'invention, par la fait que, dans l'antenne plane citée au début,

les éléments rayonnants sont des éléments rayonnants multi-bandes.

Grâce à la disposition selon l'invention il est possible, avec une antenne plane, non seulement de recevoir ou d'émettre des ondes électromagnétiques ayant une polarisation différentes, mais également une fréquence différente. Un agrandissement de l'ouverture de l'antenne n'est alors pas nécessaire et la structure de l'antenne est très simple. Outre ce que l'on appelle le mode de fonctionnement polarisation-diversity, il est également possible d'avoir une superposition d'une excitation multiplex en fréquence, de sorte que, au niveau de la fabrication de l'antenne, on obtient une économie notable, de volume, de poids et de matière, avec une intégration poussée.

Il faut remarquer que, par le concept antenne plane, on n'entend pas seulement un agencement plan mais également un agencement en surface, incurvée, sphérique ou cylindrique, ou un agencement d'antenne réalisé sur une surface sphérique, incurvée ou cylindrique. Les antennes planes sont alors normalement réalisées à partir d'éléments rayonnants directement couplés, ou couplés de façon électromagnétique, ou d'éléments rayonnants individuels ou élémentaires, disposés en surface.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, les éléments rayonnants sont réalisés sous forme de boucles. Les boucles sont alors en particulier imbriquées les unes dans les autres. Chaque boucle d'un agencement en boucle imbriquée est alors résonnant pour une bande de fréquence associée, ou pour une fréquence d'onde associée. Il est alors très avantageux de réaliser une boucle d'un agencement à boucle imbriquée d'un côté et une autre boucle de l'autre côté d'une couche de support destinée aux boucles. En variante, il est cependant également possible et avantageux de réa-

liser les boucles imbriquées chacune sur un support propre, de façon à obtenir une structure à plusieurs couches ou structure sandwich. Ceci présente l'avantage que deux boucles, agissant comme éléments résonnants, ou comme résonateurs, se chevauchent pour ce qui concerne leur surface de boucle. Il en résulte de plus grands degrés de liberté dans la conception des boucles.

Chaque boucle d'un élément rayonnant présente de préférence deux lignes de raccordement, de sorte que, outre les signaux venant de bandes de fréquences différentes, on peut également préparer chaque fois dans un guide d'onde deux signaux séparés après polarisation. Les boucles ou les éléments rayonnants sont de forme annulaire, en répondant de préférence à une symétrie bidimensionnelle. De ce fait, on peut recevoir ou émettre simultanément deux plans de polarisation, c'est à dire deux modes oscillatoires. Il est alors avantageux d'avoir une forme carrée des éléments rayonnant ou des boucles. Le couplage des lignes de raccordement peut alors s'effectuer sur les quatre cotés du cadre, deux alimentations opposées excitant des modes dans le même plan de polarisation. Si toutes les quatre lignes ne doivent pas avoir comme fonction d'être des lignes d'alimentation, chaque fois deux lignes opposées peuvent être utilisées comme lignes d'alimentation et de prélèvement, pour le raccordement. Dans ce cas, seule une partie de l'énergie électromagnétique est émise, ou prélevée, tandis que le reste - dans le cas où les éléments rayonnants sont groupés en réseaux d'antennes - est guidé vers d'autres éléments rayonnants. On a alors un découplage particulièrement bon des lignes d'alimentation voisines, lorsque les lignes de raccordement des boucles carrées sont reliés chaque fois avec les cotés qui ne sont pas parallèles, faisant qu'en résulte un bon découplage, sur la base de

l'angle de 90° . Les éléments rayonnants sont de préférence reliés selon la technique des guides d'ondes à ruban, dans le cas où ils sont placés pour former un réseau d'antennes.

5 Les éléments rayonnants sont alors reliés les uns aux autres selon un branchement en parallèle. Il est cependant particulièrement avantageux d'adopter un branchement série, parce que la longueur de ligne est moindre et que la possibilité d'intégration est plus simple.

10 De préférence, les deux modes oscillatoires différents sont des modes oscillatoires orthogonaux, bien qu'on puisse également avoir des modes oscillatoires non orthogonaux.

15 Le réglage de la longueur électrique des lignes ou le réglage de la phase d'excitation est également avantageusement effectué à l'aide de déphaseur, en particulier de déphaseur diélectrique. Pour éviter à ce sujet toute répétition, il est renvoyé en particulier au DE-A-41 20 439 de la même demanderesse.

20 Selon un autre mode de réalisation avantageux de l'invention les diagrammes directionnels des différents modes oscillatoires et/ou des différentes fréquences oscillatoires sont réglables indépendamment les uns des autres. Ceci peut être obtenu de préférence par le fait que le réglage des diagrammes directionnels s'effectue par le tracé de câblage en particulier par la modification des longueurs de lignes. La modification des longueurs de lignes est effectuée de préférence à l'aide de diodes de commutation, ou avec la commutation de tension de polarisation commutable. Il est cependant également possible d'effectuer le réglage de diagramme directionnel par le choix du facteur de couplage. Une forme de réalisation très avantageuse est celle dans laquelle l'antenne plane est intégrée sur un support avec des parties de circuit

30

35

5 raccordées. Ceci permet, d'une part, de minimiser les pertes de transition et, d'autre part, la fabrication, tant des parties de circuit qu'également du réseau de lignes et/ou des éléments rayonnants peut s'effectuer en un processus de fabrication unitaire, de sorte que l'antenne plane peut être fabriquée de façon encore plus économique.

10 L'antenne plane est cependant réalisée de préférence et en variante également sous forme d'un module d'antennes propre. Le module d'antennes est alors couplable sur le circuit des traitements de signaux, donc sur le circuit actif, comme ceci est usuel par exemple dans le cas du couplage à conducteurs creux ronds des convertisseurs usuels du commerce, en particulier ce
15 que l'on appelle les convertisseurs "low-noise" (à faible bruit), servant d'interface entre des émetteurs primaires et la partie active du système émetteur, ou récepteur, pour la transition entre conducteurs creux et conducteurs en bande.

20 Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux de l'invention, on peut régler un angle entre la normale aux surfaces de l'antenne plane et la direction de rayonnement principal, ce que l'on appelle l'angle d'offset, et ceux de préférence par commande de
25 l'excitation complexe des éléments rayonnants, en amplitude et/ou en phase. Le réglage angulaire s'effectue alors avantageusement par le choix du tracé de câblage entre les éléments rayonnants et/ou le tracé de câblage de raccordement de l'antenne plane. En plus, ou en variante, il est cependant également possible d'effectuer
30 le réglage angulaire par le choix de la distance entre les éléments rayonnants imbriqués les uns dans les autres et/ou les éléments rayonnants disposés les uns à côté des autres.

35 Les modes ondulatoires orthogonalement polarisés se présentent de préférence sous forme d'ondes po-

larisées linéairement. Il faut avoir ou effectuer chaque fois un plan de couplage de polarisation. Cependant également possible d'utiliser les modes ondulatoires polarisés orthogonalement pour la réception, ou pour l'émission deux ondes à polarisation circulaire. Ici également il faut veiller chaque fois avoir un bon découplage de polarisation.

La réception, ou l'émission d'ondes à quatre polarisations différentes, orthogonales et par paires, comme lors de la réception, ou de l'émission de deux ondes polarisées de façon linéaire ou circulaire, est possible, simultanément, avec un découplage, qui, dans le meilleur cas est de 3 dB et ne convient pas pour des applications monofréquence. Pour le fonctionnement avec des types de polarisation différents, par exemple linéaires et/ou circulaires, on peut commuter des conducteurs en bande de longueurs différentes, par exemple avec des diodes, de sorte que l'on peut composer un signal à polarisation circulaire, à partir de deux signaux orthogonaux, à polarisation linéaire. Ceci peut s'effectuer de préférence par mise en circuit ou hors circuit d'un élément conducteur puis addition des signaux, leur déphasage étant d'à peu près de 90°.

Pour optimiser l'éclairement d'un réflecteur, il est avantageux d'utiliser un écran présentant une sélectivité en fréquence, à l'aide duquel des déphasages ou des différences d'amplitude entre les ondes incidentes ou émises peuvent être provoqué(e)s par l'intermédiaire de l'ouverture. L'éclairement du réflecteur est alors déterminé en principe à partir de la caractéristique directionnelle du module d'antennes. Des écrans à sélectivité en fréquence sont composés de préférence d'éléments parasites, qui permettent l'obtention d'une synthèse de diagramme indépendante, du point de vue des propriétés de phases, pouvant être commandées, des ondes émises dans des plages de

fréquence différentes. Pour éviter toute répétition à ce sujet, il est renvoyé au DE-A-4313395, de la même date de demande, qui, dans cette mesure, fait partie du contenu des présents documents.

5 Des modules d'antennes à diagrammes directionnels différents, en particulier pour le fonctionnement diversity, sont obtenus, outre par la structure du réseau d'antennes d'alimentation, également par adjonction d'autres éléments d'antennes, en particulier de
10 ceux présentant une résonance aux bandes de fréquence plus hautes, ces autres éléments d'antennes étant sollicités comme disposition prise pour annuler ce que l'on appelle les "grading-lobes" (lobes échelonnés).

Pour favoriser la défocalisation/focalisation
15 souhaitée, il est prévu de préférence au moins une lentille diélectrique. Avantageusement, ces lentilles présentent des propriétés différentes, pour des longueurs d'ondes différentes. L'utilisation de telles lentilles diélectrique limite certes de façon indésirable la
20 largeur de bande. D'autre part, il en résulte de ce fait également des effets souhaités lors de la synthèse de diagramme, en particulier lorsque les bandes de fréquences sont situées loin les unes des autres.

L'invention est expliquée ci-après à l'aide
25 d'exemples de réalisation, en se référant aux figures. Sur le dessin :

la figure 1 est une représentation schématique d'un réseau d'antennes classique avec des éléments rayonnants carrés,
30 la figure 2 est la représentation schématique d'un exemple de réalisation d'antennes planes selon l'invention;
les figures 3a à 3c sont des formes de réalisation schématiques de couplage de lignes
35 d'éléments rayonnants;

la figure 4 représente un agencement schématique d'un élément rayonnant carré visant à expliciter et décrire des modes oscillatoires se produisant sur l'élément rayonnant, et

5 la figure 5 est une représentation schématique d'un réflecteur parabolique offset, en utilisant une forme de réalisation de l'antenne plane selon l'invention.

Sur la figure 1, des boucles carrées 1, faisant
10 office d'éléments rayonnants, sont disposées dans un réseau d'antennes, à une distance a les unes des autres. Dans la direction horizontale, les cotés respectivement opposés les uns aux autres des carrés sont reliés à des lignes 2, groupées d'un côté du
15 réseau, de sorte que l'onde, polarisée dans la direction X d'un rayonnement électromagnétique arrivant sur le réseau d'antennes, sort sur le raccordement 3. Dans la direction verticale, les éléments rayonnants 1 sont reliés par des lignes 4, chaque fois aux cotés
20 mutuellement opposés des éléments rayonnants carrés et sont groupés sur un côté, de sorte que l'onde, polarisée dans la direction Y, sort à la sortie 6. Un tel réseau d'antennes, avec ce que l'on appelle une diversity de polarisation, est connu.

25 La figure 2 représente schématiquement un réseau d'antennes selon une forme de réalisation de l'invention. Comme dans le réseau d'antennes représenté sur la figure 1, on a de nouveau des éléments rayonnants 21, 22, 23, 24 carrés, reliés de la manière
30 connue, représentée sur la figure 1, par des lignes horizontales 25 et des lignes verticales 26, de manière qu'aux sorties 27, ou 28 sorte l'onde polarisée, dans la direction X, ou dans la direction Y, sa fréquence f_1 étant attribuée par des dimensions des éléments rayonnants 21, 22, 23, 24.
35

Selon l'invention, il est alors prévu à l'intérieur des éléments rayonnants 21, 22, 23, 24 chaque fois un élément rayonnant supplémentaire 29, 30, 31, 32, également carré, présentant cependant des côtés de plus petite longueur. Ces éléments rayonnants 29, 30, 31, 32 plus petits sont reliés de manière correspondante à ce qui est le cas pour les grands éléments rayonnants 21, 22, 23, 24, notamment à l'aide de lignes horizontales 33 et de lignes verticales 35, groupées chacune aux raccordements 37, ou 38, auxquels sort l'onde polarisée dans la direction X ou l'onde polarisée dans la direction Y pour ces petits éléments 29, 30, 31, 32. Les ondes polarisées par les petits éléments rayonnants 29, 30, 31, 32, présentent une fréquence f_2 supérieure à la fréquence de résonance f_1 des grands éléments rayonnants 21, 22, 23, 24.

De préférence, les lignes 25, 26, reliant les grands éléments rayonnants 21, 22, 23, 24, sont réalisés sur un autre plan, par exemple de l'autre côté ou sur un support supplémentaire, que sont les lignes 33, 35 reliant les petits éléments rayonnants 29, 30, 31, 32.

A l'aide du réseau d'antennes selon l'invention, selon la figure 2, on obtient une antenne plane avec une structure très simple, qui permet la réception, ou l'émission d'ondes électromagnétiques, dans deux bandes de fréquence et, chaque fois, dans deux plans de polarisation, sans que l'ouverture de l'antenne ait pour cela due être plus grande que pour l'antenne antérieure représentée sur la figure 1.

Différentes formes d'éléments rayonnants et de leur couplage aux lignes ou aux réseaux de distribution sont représentées schématiquement sur les figures 3, 3b et 3c.

L'élément rayonnant carré représenté sur la figure 3a est couplé, ou relié à chaque côté, notamment

au centre du coté respectif, à une ligne 39, 40, 41, 42.

La figure 3b représente un agencement imbriqué de deux éléments rayonnants 43, 44, le grand élément rayonnant 43 étant couplé ou relié aux angles à des lignes de raccordement 45, 46. Le petit élément rayonnant 44, situé intérieurement, est également relié aux angles du carré aux lignes 47, 48, qui s'étendent dans un autre plan que pour le grand élément rayonnant 43, et à leurs lignes de raccordement 45, 46. L'exemple de réalisation représenté sur la figure 3c se distingue de celui de la figure 3b seulement par le fait que les raccordements 45, 46, ou 47, 48 des éléments rayonnants 43, 44 ne sont pas couplés aux angles des éléments rayonnants carrés 43, 44 mais au milieu des longueurs des cotés.

La figure 4 représente un élément rayonnant carré 50 avec un raccordement de conducteur 51, s'étendant dans la direction X. L'élément rayonnant 50 carré présente la longueur de coté L. Pour l'élément rayonnant 50 alimenté à partir de la direction X, les modes suivants sont dominants

$$|J_x| = C_n \cos(n \cdot F(X;L)) \quad n = 0, 1, 2 \dots$$

Le rayonnement J_x s'effectue perpendiculairement par rapport au plan du dessin, le vecteur de champ électrique E_x vibrant alors dans la direction X. n est alors égal à 0, ou bien est un nombre entier naturel.

Les modes, pouvant être excités simultanément selon le principe de superposition et menant à l'émission d'un vecteur de champ électrique E_y oscillant dans la direction Y, sont :

$$|J_y| = C_n \cos(n \cdot F(Y;L)) \quad n = 0, 1, 2 \dots$$

On a ici de nouveau $n = 0$, ou bien un nombre entier naturel.

L'élément rayonnant 50, se présentant sous la forme d'un résonateur à boucle carrée, présente, par

rapport au système rectangulaire largement répandu, des propriétés de largeur de bande améliorées, qui peuvent être réglées par un choix approprié des dimensions géométriques. Par rapport aux éléments rayonnants annulaires résonnant, dans le cas d'éléments rayonnants 50 rectangulaires ou carrés, on a une amélioration de l'émission des ondes électromagnétiques aux angles: ces derniers sont de ce fait à préférer.

La figure 5 représente schématiquement 10 l'utilisation d'une antenne plane 52 selon l'invention, en liaison avec un réflecteur parabolique offset 53. Du fait de la forme de réalisation déjà expliquée de l'invention, consistant à prévoir un angle d'offset α entre les normales des surfaces 54 du réflecteur parabolique 53 et la direction de rayonnement principal 55, 15 le réflecteur parabolique offset 53 d'une installation de réception satellite peut être disposé pratiquement verticalement, ce qui est souhaité.

L'invention a été présentée ci-dessus à l'aide 20 d'exemples de réalisation préférés. De nombreuses variantes et modifications sont cependant possible pour l'homme de l'art sans quitter de ce fait l'esprit de l'invention. L'antenne plane selon l'invention peut être fabriquée de façon particulièrement économique en 25 particulier du fait qu'au lieu d'avoir des composants actifs, on ne met en oeuvre que des éléments passifs, tels que des supports en PE, des feuilles, des boîtiers plats, le cas échéant des lentilles diélectriques etc..

REVENDECATIONS

1. Antenne plane, équipée d'éléments rayonnants, recevant ou émettant chacun sur deux modes oscillatoires différents de signaux de réception ou de signaux d'émission, indépendamment les uns des autres, caractérisée en ce que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont des éléments rayonnants multi-bandes.
2. Antenne plane, selon la revendication 1, caractérisée en ce que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont réalisés sous forme de boucles.
3. Antenne plane, selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée en ce que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont imbriqués.
4. Antenne plane, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque élément rayonnant (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) d'un agencement d'éléments rayonnants imbriqués est résonnant pour une bande de fréquence associée.
5. Antenne plane, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'un élément rayonnant d'un agencement d'éléments rayonnants imbriqués est réalisé sur une face et un autre élément rayonnant est réalisé sur l'autre face d'une couche de support destinée aux éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44; 50).
6. Antenne plane, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les éléments rayonnants imbriqués (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont réalisés chacun sur un support propre.
7. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les

éléments rayonnants imbriqués (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont chacun réalisés sur un support unique.

8. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque
5 élément rayonnant présente deux lignes de raccordement.

9. Antenne plane, selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que les éléments rayonnants sont de forme annulaire.

10 10. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) répondent à une symétrie bidimensionnelle.

11. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
15 éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) sont réalisés sous forme de cadre carré.

12. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que, dans
20 le cas d'un élément rayonnant (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44) carré, les lignes de raccordement (25, 26 ; 34, 35 ; 45, 46 ; 47, 48) sont reliées aux cotés non parallèles des éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44).

25 13. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) sont agencés en un réseau d'antennes.

14. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
30 éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) sont reliés selon la technique des conducteurs en bande.

15. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
35 éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ;

43, 44 ; 50) sont reliés ensemble selon un branchement en parallèle.

16. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
5 éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) sont reliés ensemble selon un branchement en série.

17. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
10 deux modes oscillatoires différents sont des modes oscillatoires orthogonaux.

18. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les
15 diagrammes directionnels des différents modes oscillatoires et/ou les plages de fréquence sont réglables indépendamment les un(e)s des autres.

19. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le
20 réglage des diagrammes directionnels s'effectue au moyen du tracé du conducteur.

20. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le réglage des diagrammes directionnels s'effectue par modification des longueurs des lignes.

21. Antenne plane selon la revendication 20, caractérisée en ce que la modification des longueurs des lignes s'effectue à l'aide de diodes de commutation.

22. Antenne plane selon la revendication 20, caractérisée en ce que la modification des longueurs des lignes s'effectue par le choix du facteur de couplage.

23. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le
35 réglage de la longueur électrique des lignes s'effectue avec des déphaseurs.

24. Antenne plane selon la revendication 23, caractérisée en ce que le déphaseur est un déphaseur diélectrique.

5 25. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'antenne plane est intégrée sur un support à l'aide de parties de circuit raccordées.

10 26. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'antenne plane est réalisée sous forme de module d'antennes propre.

15 27. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le module d'antennes peut être couplé aux circuits de traitement de signaux au moyen d'une transition conducteur en bande-conducteur creux.

20 28. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'un angle (θ) peut être réglé entre les normales des surfaces (54) de l'antenne plane et sa direction de rayonnement principale (55) par commande en amplitude et/ou en phase de l'excitation complexe des éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50).

25 29. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le réglage angulaire s'effectue par le choix du tracé de câblage entre les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) et/ou le tracé de câblage de raccordement de l'antenne plane.

30 30. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le réglage angulaire s'effectue par le choix de la distance (a) entre les éléments rayonnants (21, 22, 23, 24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) imbriqués les uns dans
35 les autres et/ou les éléments rayonnants (21, 22, 23,

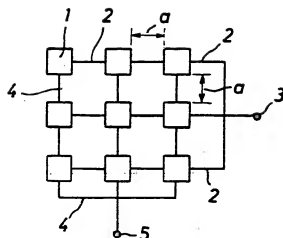
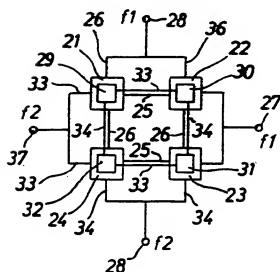
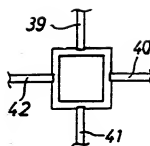
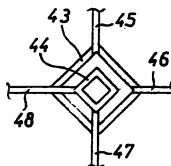
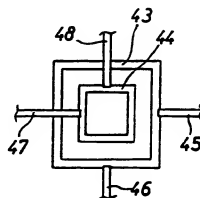
24 ; 29, 30, 31, 32 ; 43, 44 ; 50) disposés les uns à côté des autres.

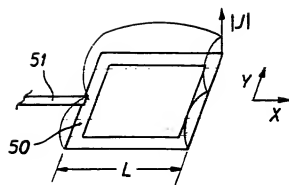
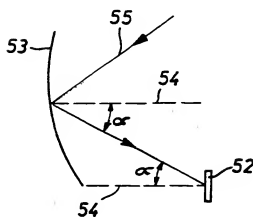
31. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les modes ondulatoires polarisés orthogonalement se présentent sous forme d'ondes polarisées linéairement.

32. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, en ce que les modes ondulatoires polarisés orthogonalement sont envoyés ou reçus sous forme de deux ondes à polarisation circulaire.

33. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée ce qu'au moins un écran sélectif d'isolation des fréquences est prévu.

34. Antenne plane selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'au moins une lentille diélectrique est prévue.

**Fig. 1****Fig. 2****Fig. 3a****Fig. 3b****Fig. 3c**

**Fig. 4****Fig. 5**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.